



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 199 17 398 A 1

⑪ Int. Cl. 7:
B 01 J 19/00

G 05 B 15/02
G 08 C 23/06
H 04 L 12/00
B 01 L 11/00
B 01 L 7/00

⑪ Aktenzeichen: 199 17 398.2
⑪ Anmeldetag: 16. 4. 1999
⑪ Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 199 17 398 A 1

⑦ Anmelder:
Schwesinger, Norbert, Dr.-Ing., 98693 Ilmenau, DE;
Heim, Ulf, Dr., 07646 Stadtroda, DE

⑦ Vertreter:
Engel und Kollegen, 98527 Suhl

⑦ Erfinder:
gleich Anmelder

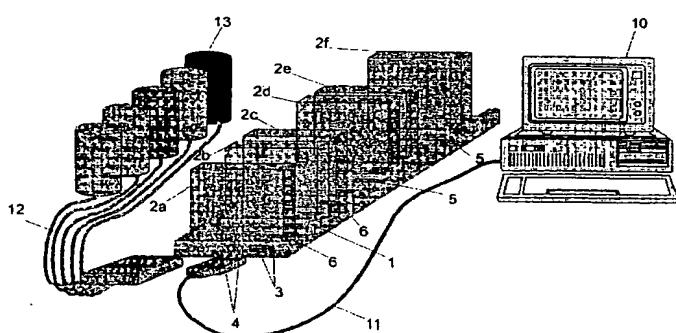
⑮ Entgegenhaltungen:
DE 195 45 130 A1
US 54 99 193 A
EP 07 96 654 A2
WO 98 40 159 A1
WO 98 35 753 A1
WO 98 10 857 A1
Chem.-Ing.-Tech. 69 (1997) S.623-631;
Chemie-Anlagen und Verfahren CAV, 1988,
Dezember,
S.15,16;
Chemie-Anlagen und Verfahren CAV 1985, Januar,
S.17,18,21;
Verfahrenstechnik 23 (1989) Nr.9, S.53,54;
Chemical Engineering 1986, 26.May, S.69-81;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

④ Modulares chemisches Mikrosystem

⑤ Die Erfindung betrifft ein modulares Mikrosystem zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse, bestehend aus mindestens einer Kopplungsschiene (1) und einer Vielzahl von Modulen (2). Die Kopplungsschiene besitzt eine Vielzahl von Steueranschlüssen (3), die dem Anschluß des Mikrosystems an eine Steuereinheit (10) dienen, einen Systembus, der mit der Vielzahl der Steueranschlüsse (3) kommuniziert und der Übertragung von Steuersignalen innerhalb des Mikrosystems dient, eine Vielzahl von Stoffanschlüssen (4), die dem Anschluß des Mikrosystems an Vorrats- und/oder Sammelbehälter (13) dienen, ein Stoffkanalsystem, welches mit der Vielzahl der Stoffanschlüsse (4) kommuniziert und Stoffübertragung innerhalb des Mikrosystems dient, und eine Vielzahl von gleichartigen, geometrisch definierten Modulschnittstellen (5), die mit dem Systembus und dem Stoffkanalsystem in Verbindung stehen. In den Modulen unterliegen die Stoffe gesteuerten Prozessen, wobei die Module einen zu den Modulschnittstellen (5) komplementären Anschlußbereich (6) besitzen und in beliebiger Reihenfolge auf der mindestens einen Kopplungsschiene (1) angeordnet werden können.



DE 199 17 398 A 1

Best Available Copy

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein modulares Mikrosystem zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse.

Im Rahmen der technologischen Entwicklung werden auch an die Materialien für neuartige Produkte neue Anforderungen gestellt. Um neue Materialien zu entwickeln oder an sich bekannten Materialien neue Eigenschaften zu geben, ist es im Bereich der Chemie häufig erforderlich umfangreiche Versuchsreihen zu fahren, bei denen verschiedene Ausgangsstoffe in verschiedensten Verfahrensschritten miteinander chemische Reaktionen ausführen. Derartige Versuchsreihen werden üblicherweise in den Laboren der Industrie oder Forschung durchgeführt, wobei manuell verschiedene Versuchsaufbauten zum Testen unterschiedlicher Prozeßabläufe erstellt werden müssen. Die daraus resultierenden Personalkosten bei der Entwicklung neuartiger Materialien bzw. Substanzen sind hoch. Außerdem besteht die Gefahr, daß die Prozesse fehlerbehaftet und nicht exakt nachvollziehbar sind, da viele subjektive Fehlerquellen vorhanden sind.

Die Herstellung bestimmter Stoffe bzw. Stoffgemische bereitet auch dort Schwierigkeiten, wo nur geringe Mengen der gewünschten Substanz benötigt werden oder wo mit gefährlichen Basisstoffen gearbeitet wird. Chemische Prozesse, die in industriellen Großanlagen durchgeführt werden, können relativ gut gesteuert werden. Derartige Anlagen können aber nicht effizient eingesetzt werden, wenn nur geringe Mengen an Basisstoffen verarbeitet werden sollen. Der Aufwand für den Aufbau einer geeigneten Industrieanlage wäre zu hoch, solange nicht über einen längeren Zeitraum die kontinuierliche Produktion größerer Mengen des gewünschten Substrats sichergestellt wird. Von industriellen Großanlagen können bei der Verarbeitung gefährlicher Substanzen auch Risiken für die Bediener der Anlagen oder die Umwelt ausgehen. Diese Risiken werden um so höher, je größer die Mengen der gefährlichen Substanzen sind.

In der Europäischen Patentschrift EP 0 688 242 B1 ist eine integrierte Vorrichtung für chemische Verfahrensschritte beschrieben, die dazu bestimmt ist, innerhalb eines Mikroreaktors eine oder mehrere Operationen mit Sensoren und Steuerelementen für eine spezifische chemische Reaktion auszuführen. Dazu werden mehrere als Reaktionszellen ausgestaltete Plättchen unter Ausbildung mindestens eines dreidimensional gewundenen durchgehenden Kanals hermetisch miteinander verbunden. Dieser Reaktor ist aber nur für die eine vorbestimmte chemische Reaktion verwendbar, da Abwandlungen im Reaktionsablauf nicht vorgenommen werden können. Ebenso wird der Reaktor unbrauchbar, wenn eine einzelne Reaktionszelle im Reaktor defekt ist.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Anordnung zur Verfügung zu stellen, in welchem chemische Prozesse ablaufen können, wobei diese Anordnung auf einfache Weise an den gewünschten Prozeßablauf angepaßt und durch ein flexibles Steuerungssystem unterstützt werden kann. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Mikrosystems, mit dem auch sehr kleine Mengen gewünschter Substanzen herstellbar sind.

Diese und weitere Aufgaben werden durch ein modulares Mikrosystem gelöst, welches mindestens eine Kopplungsschiene und eine Vielzahl von Modulen umfaßt. Erfindungsgemäß besitzt die Kopplungsschiene eine Vielzahl von Steueraanschlüssen, die dem Anschluß des Mikrosystems an eine Steuereinheit dienen; einen Systembus, der mit der Vielzahl der Steueraanschlüsse kommuniziert und der Übertragung von Steuersignalen innerhalb des Mikrosystems dient; eine

Vielzahl von Stoffanschlüssen, die dem Anschluß des Mikrosystems an Vorrats- und/oder Sammelbehälter dienen; ein Stoffkanalsystem, welches mit der Vielzahl der Stoffanschlüsse kommuniziert und der Stoffübertragung innerhalb des Mikrosystems dient; und eine Vielzahl von gleichartigen, geometrisch definierten Modulschnittstellen, die mit dem Systembus und dem Stoffkanalsystem in Verbindung stehen. Erfindungsgemäß besitzt jedes aus der Vielzahl der Module einen zu den Modulschnittstellen komplementären Anschlußbereich, so daß jedes Modul in beliebiger Reihenfolge auf der mindestens einen Kopplungsschiene angeordnet werden kann, wobei die Module über den Systembus und das Stoffkanalsystem miteinander in Verbindung stehen und wobei sie von der Steuereinheit oder anderen Modulen Steuersignale empfangen oder an diese senden und von den Vorrats- oder Sammelbehältern oder anderen Modulen Stoffe empfangen oder an diese abgeben.

Mit diesem modularen Mikrosystem steht ein Gerät zur Realisierung chemischer und physikalischer Reaktionen bzw. Prozesse bereit, dessen Aufbau flexibel ist und damit die einfache Anpassung an verschiedene Prozeßabläufe ermöglicht. Durch die Definition einer einheitlichen Schnittstelle zwischen verschiedenen Modulen und der Kopplungsschiene ist es möglich, beliebige Modulkombinationen aufzubauen, und bei der Abwandlung des gewünschten Prozesses einzelne Komponenten einfach auszutauschen. Dazu stellt jedes Modul eine in sich abgeschlossene mehr oder weniger komplizierte Prozeßeinheit dar, in der die zugeführten Stoffe einem gesteuerten Prozeß unterzogen werden.

Solche Prozesse können chemische Reaktionen oder auch physikalische Vorgänge sein, wie beispielsweise eine Oxidation bzw. eine Verdampfung.

Der spezifische interne Aufbau eines beliebigen Moduls ist für die Erfindung nicht von Bedeutung. Es kommt lediglich darauf an, daß alle Module standardisierte Schnittstellen haben, die eine Anordnung in der Kopplungsschiene und eine zentrale Steuerung ermöglichen. Dies bringt auch den Vorteil mit sich, daß die einzelnen Module jederzeit ausgetauscht bzw. ersetzt werden können. Die einzelnen Module sind mit Mikrostrukturen ausgestattet, die beispielweise durch Ätztechniken in Siliziumscheiben ausgebildet werden können. Aus der Halbleiterindustrie sind die Techniken zur Herstellung solcher Strukturen gut bekannt.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des modularen Mikrosystems zeichnet sich dadurch aus, daß jedes Modul im Anschlußbereich Stoffeingänge, Stoffausgänge, Steuersignaleneingänge und Steuersignalausgänge besitzt. Dadurch können die einzelnen Module sowohl Stoffe empfangen, als auch die Ergebnisse der im Modul abgelaufenen Prozesse in stofflicher Form abgeben. Außerdem lassen sich über die Steuereingänge die Module und die dort ablaufenden Prozesse steuern, und die Steuerausgänge ermöglichen die Datenübermittlung an andere Module oder an die zentrale Steuereinheit. So können beispielsweise die Meßergebnisse von in den Modulen angeordneten Sensoren an die Steuereinheit übermittelt werden, wo sie zur weiteren Datenverarbeitung zur Verfügung stehen.

Vorzugsweise werden als Steuersignale elektrische oder optische Signale verwendet, da diesbezüglich ausgereifte Übertragungstechniken zur Verfügung stehen. Es können bei abgewandelten Ausführungsformen aber auch Informationen durch hydraulische oder pneumatische Signale übertragen werden.

Eine besonders zweckmäßige Ausführungsform des modularen Mikrosystems besitzt ein Stoffkanalsystem, welches für die Leitung von fluidischen Stoffen ausgelegt ist. Bei einer abgewandelten Ausführungsform können auch gasförmige Stoffe verarbeitet werden.

Für den dezentralen Einsatz des erfundungsgemäßen Mikrosystems ist es vorteilhaft, wenn die Steuereinheit ein Personalcomputer ist. Solche Mikrosysteme können beispielsweise in Laboren oder auch in Apotheken, Drogerien und Reformhäusern zur Erzeugung kleiner Mengen pharmazeutischer Produkte genutzt werden. Durch den Einsatz fertig konfektionierter Module und die komplikationsfreie Anordnung der Module auf der Kopplungsschiene ist kein spezielles Know-how erforderlich, um chemische Prozeßanlagen aufzubauen, mit denen die gewünschten Produkte erzeugt werden können. Die modularen Mikrosysteme können daher direkt dort zum Einsatz kommen, wo das gewünschte Produkt benötigt wird. Bei verderblichen Stoffen ist damit sichergestellt, daß die Herstellung des Stoffes erst zum Zeitpunkt des tatsächlichen Bedarfs erfolgen muß, es ist sogar denkbar, daß derartige Mikrosysteme von bestimmten Benutzergruppen im Wohnbereich eingesetzt werden, beispielsweise um benötigte Medikamente jederzeit frisch zuzubereiten. Wenn in diesen Fällen die Steuerung über einen gewöhnlichen Personalcomputer erfolgt, der an den meisten denkbaren Einsatzpunkten des erfundungsgemäßen Mikrosystems zur Verfügung steht, reduziert sich der notwendige Aufwand für die Gesamtanlage weiter.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform können in dem Mikrosystem kontinuierliche chemische Reaktionen ablaufen. Die einzelnen dabei erforderlichen Prozeßschritte werden in den jeweiligen Modulen ausgeführt. Die Modulzusammenstellung auf der Kopplungsschiene erfolgt im Baukastenprinzip, wobei die einzelnen Schritte einer gewünschten Reaktion nacheinander in einzelnen Modulen ablaufen. Somit ist es mit dem erfundungsgemäßen Mikrosystem möglich, beliebige chemische Reaktionen im Mikromaßstab ablaufen zu lassen. Die Kontrolle dieser Reaktionen erfolgt wiederum vermittelt über die Kontrolle der Einzelmodule durch eine zentrale Steuereinheit.

Vorzugsweise sind in den Modulen Schaltelemente enthalten, die in Reaktion auf Steuersignale vom Systembus den Stofffluß innerhalb des Moduls beeinflussen. Solche Schaltelemente können Ventile oder schaltbare Kanalsysteme innerhalb der Module sein.

Bei abgewandelten Ausführungsformen des modularen Mikrosystems können auch mehrere Kopplungsschienen eingesetzt werden, wobei vorzugsweise gleichartige Kopplungsschienen verwendet werden. Die Modulschnittstellen setzen besondere Stecksysteme ein, wie sie aus dem Stand der Technik für den Aufbau von Kanalsystemen an sich bekannt sind.

Als Module für das Mikrosystem kommen beispielsweise Mikromischer, Mikropumpen, Mikroventile, Mikroreaktoren, Mikroverweiler, Mikroheizer, Mikrokühler, Mikroseparatoren, Mikroextraktoren, Mikroverzweiger, Mikroverdunster, Mikroverdampfer und/oder Mikrosensoren zum Einsatz. Durch die Anwendung von Technologien der Mikrosystemtechnik innerhalb der einzelnen Module ist es mit dem modularen Mikrosystem auch möglich, kleinste Mengen von Chemikalien zu behandeln und zu neuen Stoffen bzw. Stoffgemischen zusammenzusetzen. Die Möglichkeit, mit sehr kleinen Stoffmengen zu arbeiten, bringt außerdem den Vorteil mit sich, daß überlicherweise schwer beherrschbare chemische Reaktionen besser kontrollierbar werden und ein mögliches Gefahrenpotential deutlich reduziert wird. Nicht zuletzt reduzieren sich die Abfallmengen und die daraus entstehenden Fertigungskosten.

Das erfundungsgemäße modulare Mikrosystem eröffnet die Möglichkeit, mit geringem Aufwand Prozeßparameter in definierten Reaktionen zu optimieren, da die einzelnen Parameter durch die zentrale Steuereinheit innerhalb einer vorgegebenen Versuchsreihe automatisch verändert bzw.

angepaßt werden können. Theoretisch prognostizierte Reaktionen können mit dem Mikrosystem im kontinuierlichen Betrieb verifiziert werden. Vor dem Aufbau industrieller Großanlagen können mit dem modularen Mikrosystem alle Reaktionen in einer miniaturisierten Anlage getestet werden, so daß zum Beispiel auch Skalierungsregeln für Massenprodukte entwickelt werden können. Da die Steuerung des modularen Mikrosystems von einer zentralen Steuereinheit erfolgt und die Datenübertragung zwischen der Steuereinheit und den einzelnen Modulen durch elektrische Signale vorgenommen werden kann, kann die Steuereinheit auch räumlich getrennt von dem eigentlichen Mikrosystem positioniert werden. Ebenso können die Steuerdaten zwischen verschiedenen Steuereinheiten ausgetauscht werden.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines modularen Mikrosystems mit einem Personalcomputer als Steuereinheit;

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung vernetzter Labore, jeweils mit einem modularen Mikrosystem;

Fig. 3 eine Prinzipdarstellung eines weltweiten Netzwerkes, bestehend aus mehreren modularen Mikrosystemen.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines modularen Mikrosystems, welches eine Kopplungsschiene 1 und eine Vielzahl von Modulen 2 (hier dargestellt Module 2a-2f) umfaßt. Die Kopplungsschiene 1 besitzt eine Vielzahl elektrischer Anschlüsse 3 und eine Vielzahl von Stoffanschlüssen 4.

Außerdem stellt die Kopplungsschiene 1 einen mechanischen Rahmen zur Verfügung, in welchem eine Vielzahl von gleichartigen, geometrisch und elektrisch definierten Modulschnittstellen 5 vorgesehen sind.

Die Module 2 besitzen im gezeigten Beispiel an ihrer Unterseite jeweils einen Anschlußbereich 6 der komplementär zu den Modulschnittstellen 5 ausgebildet ist. Es kommen spezielle Stecksysteme zum Einsatz, die als solche aber bekannt sind und daher nicht näher erläutert werden. Bei anderen Ausführungsformen kann der Anschlußbereich auch an

einer beliebigen anderen Stelle des Moduls angeordnet werden, wenn dies für den speziellen Einsatzfall zweckmäßig ist. Die Steueranschlüsse 3 können als elektrische Anschlüsse oder auch als Anschlüsse für die Übertragung optischer Signale ausgebildet sein. Die Steueranschlüsse 3 sind mit einem Systembus verbunden, der die anliegenden Steuersignale zu den Modulschnittstellen 5 und von dort aus in die eingesteckten Module 2 in deren Anschlußbereich 6 überträgt. Der Anschlußbereich 6 der Module stellt auch einen Übergangsbereich für vorzugsweise fluidische Stoffe bereit,

so daß die an den Stoffanschlüssen 4 zugeführten Basissubstanzen über ein Stoffkanalsystem innerhalb der Kopplungsschiene 1, vermittelt über die Modulschnittstellen 5, in die einzelnen Module 2 einströmen können. Das entsprechende Stoffkanalsystem kann in einem einfachen Fall durch Schläuche oder Rohre gebildet sein. Die zu verwendenden Materialien hängen von den zu transportierenden Substanzen ab. Da eine Vielzahl von Stoffanschlüssen 4 zur Verfügung steht, können auf einzelnen Abschnitten des Stoffkanalsystems die Basissubstanzen transportiert werden, während auf anderen Abschnitten des Kanalsystems die Zwischenprodukte von einem Modul zu einem nachfolgenden Modul transportiert werden und auf einem dritten Abschnitt des Kanalsystems die gewünschten Endprodukte wiederum zu den Stoffanschlüssen 4 geführt werden. Sämtliche chemische und physikalische Reaktionen und Prozeßschritte werden innerhalb eines oder mehrerer an den speziellen Prozeßschritt angepaßten Module ausgeführt.

Als Module kommen Mikrosysteme zum Einsatz, wie sie

beispielhaft in der Beschreibungseinleitung aufgeführt wurden. Zum besseren Verständnis eines solchen Mikromoduls wird ergänzend auf die Deutsche Patentanmeldung DE 198 55 256.4 verwiesen, in der ein Mikroseparator beschrieben ist, der in seinem äußerem Aufbau ohne weitere Schwierigkeiten in Form eines solchen Moduls konfektioniert werden könnte.

In der Fig. 1 ist weiterhin ein Personalcomputer 10 dargestellt, der als zentrale Steuereinheit für das Mikrosystem arbeitet. Der Personalcomputer 10 ist über eine geeignete Verbindungsleitung 11 mit den Steueranschlüssen 3 verbunden.

Über die Steueranschlüsse werden sämtliche Steuerinformationen an die einzelnen Module 2 übermittelt, so daß der Prozeßablauf allein durch Änderung der entsprechenden Steuerinformationen beeinflußbar ist. Größere Änderungen in der gewünschten Reaktionsfolge können durch Umsortierung oder Austausch der einzelnen Module erreicht werden.

Es sind auch Stofftransportleitungen 12 vorgesehen, die die Stoffanschlüsse 4 mit entsprechenden Vorrats- oder Sammelbehältern 13 verbinden. Über die Stofftransportleitungen 12 strömen die fluidischen Ausgangssubstanzen zu den Modulen 2 und die Endsubstanzen werden von den Modulen über die Stofftransportleitungen 12 in die Sammelbehälter 13 eingespeist. In einer Prinzipdarstellung ist in Fig. 2 eine Verknüpfung von zwei modularen Mikrosystemen zu einem Labornetzwerk gezeigt. In einem ersten Labor ist wiederum ein aus der Kopplungsschiene 1 und einer Vielzahl von Modulen 2 bestehendes Mikrosystem aufgebaut. Dieses Mikrosystem wird von dem Personalcomputer 10 gesteuert. In einem zweiten Labor befindet sich eine zweite Kopplungsschiene 101 mit zweiten Modulen 102. Das so aufgebaute zweite Mikrosystem wird von einem zweiten Personalcomputer 110 gesteuert. Die beiden Personalcomputer 10 und 110, die die Steuereinheiten für die beiden Mikrosysteme darstellen, sind über ein internes Datennetz 20 verbunden. Auf diese Weise können beispielsweise in verschiedenen Laboren parallele Versuchsreihen durchgeführt werden, die eine sofortige Verifizierung von Versuchsergebnissen ermöglichen. Es ist auch möglich, nach Abschluß einer entsprechenden Reaktion im ersten Labor, die Daten zur Steuerung des Mikrosystems an das zweite Labor zu übertragen, um dort gegebenenfalls mit anderen Ausgangssubstanzen, die im ersten Labor nicht zur Verfügung stehen, den Prozeß in abgewandelter Weise zu wiederholen.

Fig. 3 zeigt in einer Prinzipdarstellung ein globales Netzwerk, in welchem mehrere modulare Mikrosysteme integriert sind. Jede Einheit umfaßt ein modulares Mikrosystem, wiederum aus der Kopplungsschiene 1 und den Modulen 2 bestehend, die von der Steuereinheit 10 gesteuert werden. Der Datenaustausch erfolgt wiederum zwischen den einzelnen Steuereinheiten, wobei es auf die Art und Weise der Datenübertragung nicht ankommt. Einmal erfolgreich durchgeführte chemische Reaktionen können auf diese Weise innerhalb kürzester Zeit an entfernten Orten nachvollzogen werden. Dafür ist es ausreichend, wenn dieselben Ausgangssubstanzen zur Verfügung stehen, gleichartige Module verwendet werden und von der jeweiligen Steuereinheit ein und dasselbe Steuerprogramm abgearbeitet wird.

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des erfindungsge-mäßen modularen Mikrosystems sind letztlich nur durch die zur Verfügung stehenden Einzelmodule mit ihren speziellen Gestaltungen begrenzt. Solche Einzelmodule können auch von verschiedenen spezialisierten Herstellern bereitgestellt werden, solange sie die standardisierten Anforderungen an die Modulschnittstellen und die komplementären Anschlußbereiche erfüllen. Auch die Steuerung dieser Module läßt sich weitgehend vereinfachen, wenn zu jedem einzelnen Modul eine bestimmte Routine zur Verfügung steht, mit wel-

cher sämtliche Funktionen des Moduls angesteuert werden können und die sich in eine komplexes Steuerprogramm ohne weiteres integrieren läßt. Es ist wiederum ausreichend, wenn die Schnittstellen zwischen diesen Steuerroutinen standardisiert sind.

Patentansprüche

1. Modulares Mikrosystem zur Durchführung vorzugsweise chemischer Prozesse, umfassend:

- mindestens eine Kopplungsschiene (1) mit:
- einer Vielzahl von Steueranschlüssen (3), die dem Anschluß des Mikrosystems an eine Steuereinheit (10) dienen;
- einem Systembus, der mit der Vielzahl der Steueranschlüsse (3) kommuniziert und der Übertragung von Steuersignalen innerhalb des Mikrosystems dient;
- einer Vielzahl von Stoffanschlüssen (4), die dem Anschluß des Mikrosystems an Vorrats- und/oder Sammelbehälter (13) dienen;
- einem Stoffkanalsystem, welches mit der Vielzahl der Stoffanschlüsse (4) kommuniziert und der Stoffübertragung innerhalb des Mikrosystems dient; und
- einer Vielzahl von gleichartigen, geometrisch definierten Modulschnittstellen (5), die mit dem Systembus und dem Stoffkanalsystem in Verbindung stehen; und
- eine Vielzahl von Modulen (2), in denen die Stoffe gesteuerten Prozessen unterliegen, wobei die Module einen zu den Modulschnittstellen (5) komplementären Anschlußbereich (6) besitzen und in beliebiger Reihenfolge auf der mindestens einen Kopplungsschiene (1) angeordnet werden können, so daß sie über den Systembus und das Stoffkanalsystem miteinander in Verbindung stehen, wobei sie von der Steuereinheit (10) oder anderen Modulen (2) Steuersignale empfangen oder an diese senden und von den Vorrats- oder Sammelbehältern (12) oder anderen Modulen (2) Stoffe empfangen oder an diese abgeben.

2. Modulares Mikrosystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Modul (2) im Anschlußbereich (6) Stoffeingänge, Stoffausgänge, Steuersignal-eingänge und Steuersignalausgänge besitzt.

3. Modulares Mikrosystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Stoffkanalsystem für die Leitung von fluidischen Stoffen ausgelegt ist.

4. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (10) ein Personalcomputer ist.

5. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Mikrosystem kontinuierliche chemische Reaktionen ablaufen können.

6. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den Modulen (2) Schaltelemente vorhanden sind, die in Reaktion auf Steuersignale vom Systembus den Stofffluß innerhalb des Moduls beeinflussen.

7. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuersignale elektrische Signale sind.

8. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuersignale optische Signale sind.

9. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprüche

1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es mehrere Kopp-
lungsschienen (1) umfaßt.

10. Modulares Mikrosystem nach einem der Ansprü-
che 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es eines oder
mehrere der folgenden Module (2) umfaßt:

- Mikromischer,
- Mikropumpen,
- Mikroventile,
- Mikroreaktoren,
- Mikroverweiler,
- Mikroheizer,
- Mikrokühler,
- Mikroseparatoren,
- Mikroextraktoren,
- Mikroverzweiger,
- Mikroverdunster,
- Mikroverdampfer und
- Mikrosensoren.

5

10

15

20

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

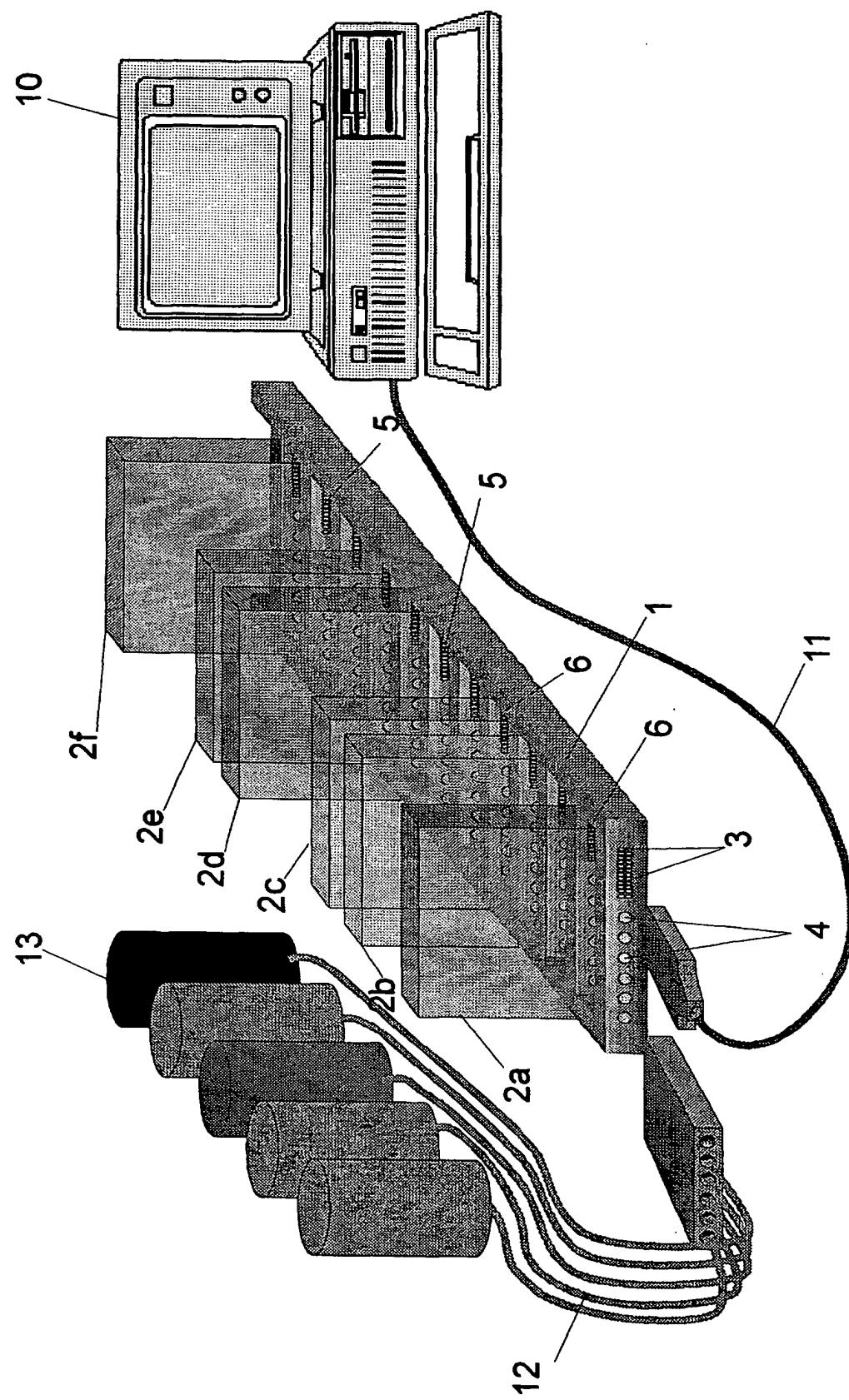
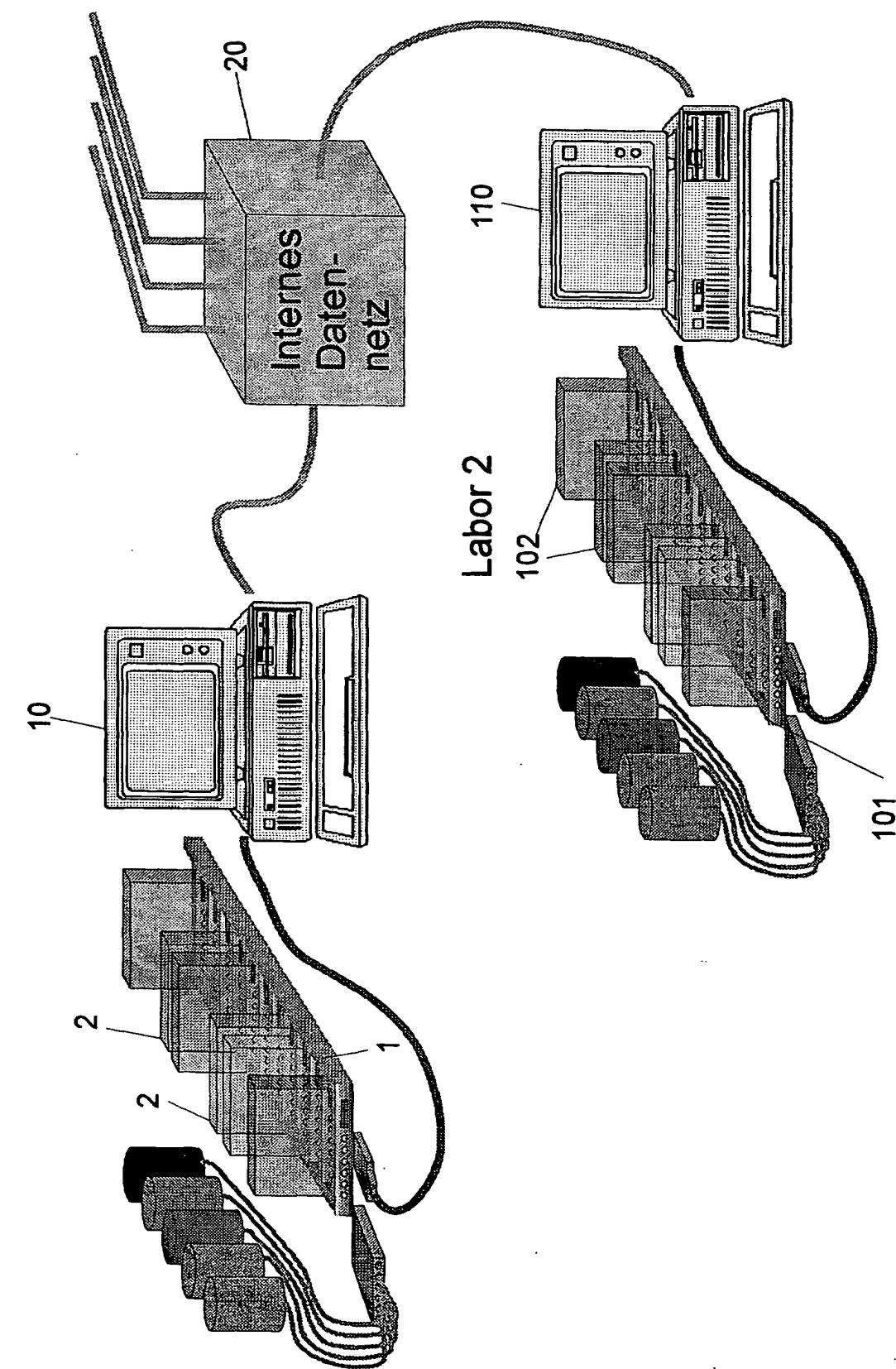
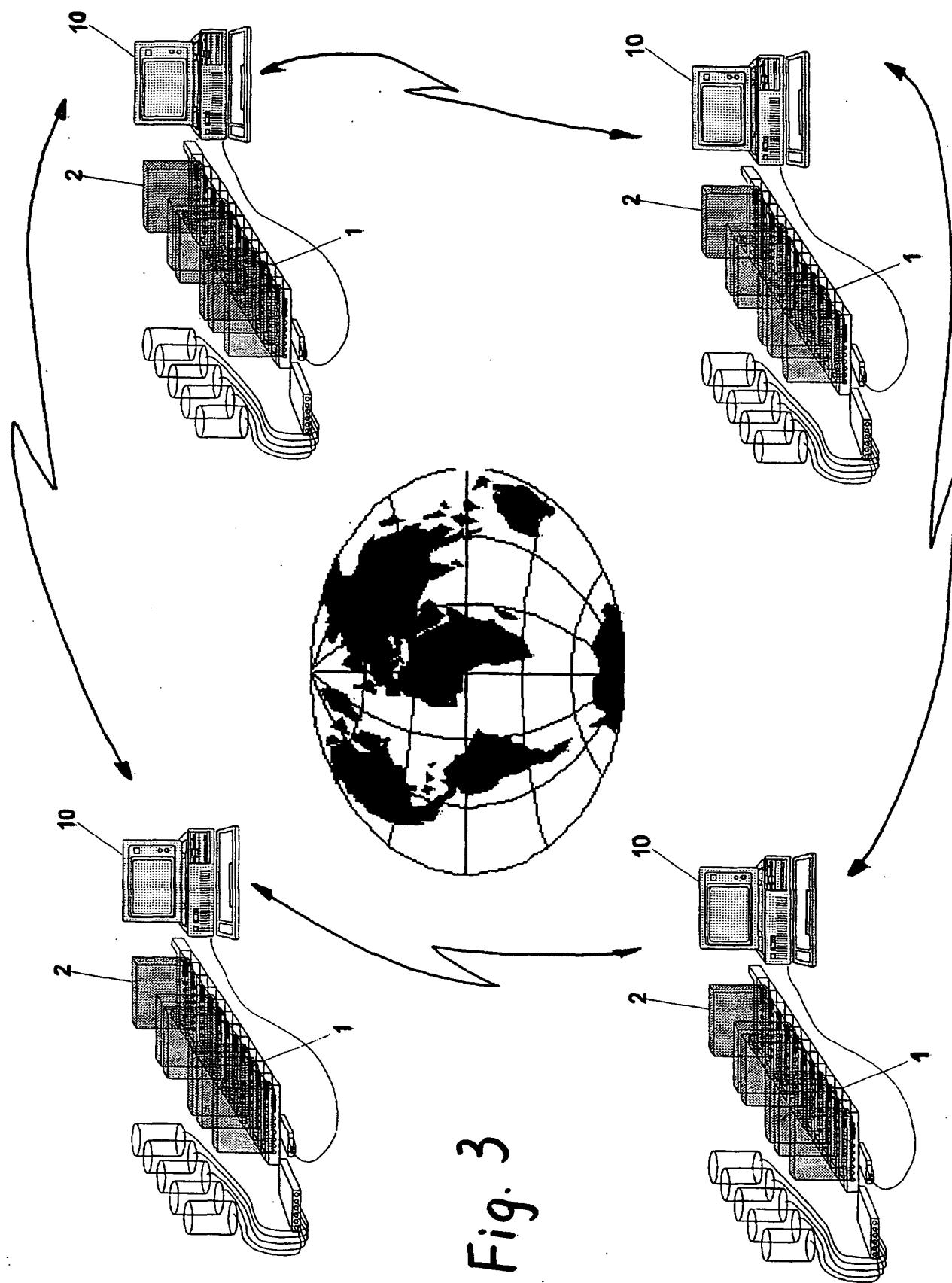
Fig. 1

Fig. 2





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.